

Результаты исследования формирования экосистемы на угольных разрезах в западной части центральных районов Кузбасса с использованием ресурсов ДЗЗ

Зеньков Игорь Владимирович, доктор технических наук, Заслуженный эколог РФ, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Ижмулкина Екатерина Александровна, проректор, кандидат экономических наук, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, (г. Кемерово)

Маглинец Юрий Анатольевич, профессор, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск)

Юронен Юрий Павлович, доцент, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Вокин Владимир Николаевич, профессор, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск)

Юрковская Галина Ивановна, доцент, кандидат экономических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Логинова Екатерина Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

В Кемеровской области начало добычи угля открытым способом было положено в послевоенное время на западных территориях центральных промышленно-экономических районов между городами Белово и Прокопьевском. В наших исследованиях этот сектор региона получил условное название Западный сектор. Исследуемый сектор имеет в плане форму полосы шириной до 10 км и протяженность 83 км. С позиции географического расположения на территории Кемеровской области ось симметрии Западного сектора ориентирована с северо-запада на юго-восток от пос. Родниковый до г. Краснобродский, далее направление оси практически южное. В Западном секторе работают 8 крупных угольных разрезов с севера на юг: «Шестаки», «Бачатский», «Краснобродский», «Краснобродский Южный», «Киселевский», «Краснобродский Вахрушево поле», «Коксовый», «Прокопьевский» Количественные показатели парка горного оборудования, размещенного на этих угольных разрезах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количественные показатели парка горного оборудования,
размещенного на угольных разрезах Западного сектора

Название угольного разреза	Количество горного оборудования, ед.		
	буровые станки	драглайны	карьерные экскаваторы
«Шестаки»	2	1	6
«Бачатский»	4	5	14
«Краснобродский»	1	6	16
«Краснобродский Южный»	1	-	10
«Киселевский»	1	4	26
«Коксовый»	3	-	17
«Краснобродский Вахрушево поле»	1	1	12
«Прокопьевский»	2	2	27

Параллельно с работой крупных разрезов на этой территории производят добычу угля малые разрезы. Сводные показатели переработки горной массы малыми разрезами представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели работы малых угольных разрезов Западного сектора

Название угольного разреза	Объем вскрышных работ, млн. м ³ /год	Объем добычи угля, млн. т/год
Малые разрезы	32	8

По нашей оценке на всех угольных разрезах, входящих в Западный сектор, ежегодно добывается угля не менее 45,5 млн. т [2, 4]. При этом необходимо обеспечить ежегодный объем вскрышных работ на уровне 275 млн. м³.

Оценить последствия открытой угледобычи с позиции восстановления экологического баланса позволяет многосторонний анализ, включая обзор климата, качественных характеристик почвенной оболочки, видового разнообразия растительного покрова на территории разрабатываемых месторождений угля, а также исследование экологического состояния нарушенных земель с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли. Климат в Кемеровской области, в том числе и на территории исследуемого сектора резко континентальный. В Кузнецкой котловине распространены дерново-подзолистые и серые лесные почвы. Плодородный слой достигает 50 см, такие почвы хорошо прогреваются солнцем, пропускают воздух и влагу, необходимые корням растений. Большая часть черноземов распахана под посевы. В центральной части находятся таежные массивы, представленные хвойными и смешанными лесами, и остаточные сосновые и кедровые боры. В поймах рек произрастают топольники и ольшаники. По северным отрогам, на склоновых участках наблюдается внедрение степных сообществ. К степному поясу относится пониженная западная часть Кузнецкой котловины, левобережье реки Ини – между рекой Иней и Салаирским краем. На ковыльно-разнотравной равнинной степи растет ковыль перистый, типчак тонконог, полынь, люцерна и др. Растительность разнотравных степей, близкая к лесостепному поясу, более густая. Здесь растет скабиоза, лабазник, клубника, горичвет, зубровка душистая, тимофеевка, мятлик. Леса здесь разбросаны отдельными березовыми, березово-осиновыми колками и островами, со свойственным им подлеском и травяным покровом. Степная растительность сохраняется по сухим логом, на склонах грив и увалов.

Оценка экологического состояния горнопромышленных ландшафтов угольных разрезов на территории Западного сектора проведена с использованием ресурсов дистанционного зондирования. В оценке были использованы снимки, сделанные в июле 2016 г.

На всех рисунках с результатами дешифрирования космоснимков черным цветом показаны участки, на поверхности которых находится уголь. К таким участкам отнесены угольные пласты, подготовленные для экскавации, отработанные угольные пласты, остатки которых еще не засыпаны внутренними отвалами, а также та часть угольных некондиционных пластов, которая по экономическим условиям не может быть реализована потребителям и поэтому размещена на породных отвалах. Синим цветом показаны техногенные водоемы. Оттенками зеленого цвета выделены участки с различным видовым составом и различной плотностью произрастания растительного покрова (травы, кустарники, деревья, а также их комбинации). Желтым цветом показаны участки с признаками восстановления растительного покрова. Остальными цветами, не поименованными выше, показаны участки без растительного покрова.

На рис. 1 представлен фрагмент космоснимка изучаемой территории, на которой находятся угольные разрезы «Шестаки» (1), «Бачатский» (2), «Краснобродский» (9), структурно входящие в северную часть Западного сектора.

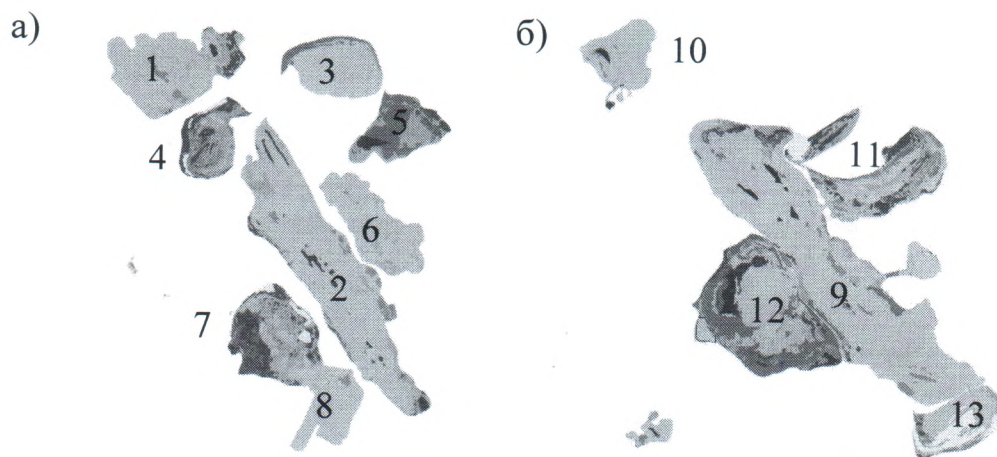


Рис. 1. Фрагмент космоснимка с выделением границ объектов исследования и результатами дешифрирования: а) угольные разрезы «Шестаки» (1), «Бачатский» (2), внешние отвалы (3-4, 6-8); б) угольный разрез «Краснобродский» (9), внешние отвалы (11-13)

Угольный разрез «Шестаки» был построен в конце 1970-х гг. За период его эксплуатации сформированы две карьерные выемки, одна из которых имеет глубину более 200 м и протяженность с севера на юг 2,7 км. Весь объем вскрышных пород отсыпали во внешние отвалы, и лишь в последнее время вскрышу отсыпают на локальных участках в выработанном пространстве карьера. Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта составляет 825 га. На территории нарушенных земель участки с травянистой растительностью занимают площадь 100,4 га, хорошо развитый смешанный лес находится

на отвалах площадью 48,5 га, где вскрышные породы не отсыпают более 25 лет. Техногенные водоемы общей площадью 6,6 га находятся в понижениях техногенного рельефа и приурочены к придонной части карьеров. Коэффициент самовосстановления экосистемы на этом разрезе составляет 0,186.

Угольный разрез «Бачатский» был построен в послевоенное время в конце 1940-х гг. За период его эксплуатации сформированы одна карьерная выемка (2) протяженностью 9 км и глубиной более 400 м. Вскрышные породы примерно в равных пропорциях были вывезены железнодорожным (объекты 3 и 4) и автомобильным транспортом (объекты 6 и 7) во внешние отвалы. Объект 5 – пруд-отстойник (огорожен дамбой), в который сливают внутрикарьерные воды. С августа 2011 года вскрышные породы с доставкой конвейерным транспортом начинают отсыпаться во внешние отвалы с использованием отвалообразователя (объект 8). В результате рядом с карьером находятся пять породных отвалов. В последние годы небольшой объем автомобильной вскрыши отсыпают в центральной части разреза с межступенных площадок восточного нерабочего борта. Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта на разрезе «Бачатский» составляет 4657,6 га.

На территории карьера размером 1716,4 га участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 210,9 га. Внешние отвалы занимают территорию размером 2941,2 га. На отвалах сформированы все виды растительного покрова общей площадью 1272,7 га. На этой территории находятся два участка с лесной рекультивацией размером 55,7 га. Смешанный лес в стадии развития и хорошо развитый находится на нерабочих бортах карьера, на отвалах и занимает площадь 484 га. Коэффициент рекультивации и самовосстановления растительной экосистемы на этом разрезе составляет 0,319.

Угольный разрез «Краснобродский» – первый в Кузбассе. Был построен в 1947 году. Разрез отрабатывает три угольных месторождения самостоятельными карьерами («Краснобродский», «Краснобродский южный» и «Краснобродский Вахрушево поле»). За период их эксплуатации сформированы девять карьерных выемок, каждая из которых имеет глубину более 200 м. Общая протяженность карьеров по верху составила 16,3 км. С июля 2013 года добыча угля прекращена на отдельном добычном участке площадью 227,1 га (объект 10). За период работы разреза «Краснобродский» вскрышные породы отсыпали во внешние железнодорожные отвалы (11-13). В последние годы автомобильную вскрышу складировать на поверхности этих отвалов путем организации новых отвальных ярусов. В результате этого общая высота отвалов достигает 150-180 м. Небольшой объем вскрыши размещают в выработанном пространстве карьера.

Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта составляет 3403,9 га. На территории карьера размером 1620,9 га участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 183,5 га. Внешние отвалы размещены на территории размером 1555,9 га. На них сформирован растительный покров общей площадью 835,3 га. На отвалах находятся два участка с лесной рекультивацией размером 98,1 га. Участки с древесно-кустарниковой растительностью занимают площадь 620,4 га. На внешнем отвале (12) разместились дачные строения площадью 19,6 га. Средний коэффициент рекультивации и самовосстановления растительной экосистемы на этом разрезе составляет 0,299.

На рис. 2 представлен фрагмент космоснимка изучаемой территории, на которой находятся разрезы «Краснобродский Южный» (14-15), «Киселевский» (25) и его добычные участки (27-31), входящие в среднюю часть Западного сектора. Цифрами 16-18, 26 обозначены внешние породные отвалы, отсыпаемые в ходе добычи угля. Объект 19 – пруд-отстойник площадью 707,4 га для слива внутрикарьерной воды, поднимаемой по трубам с придонной части разреза «Краснобродский Южный».

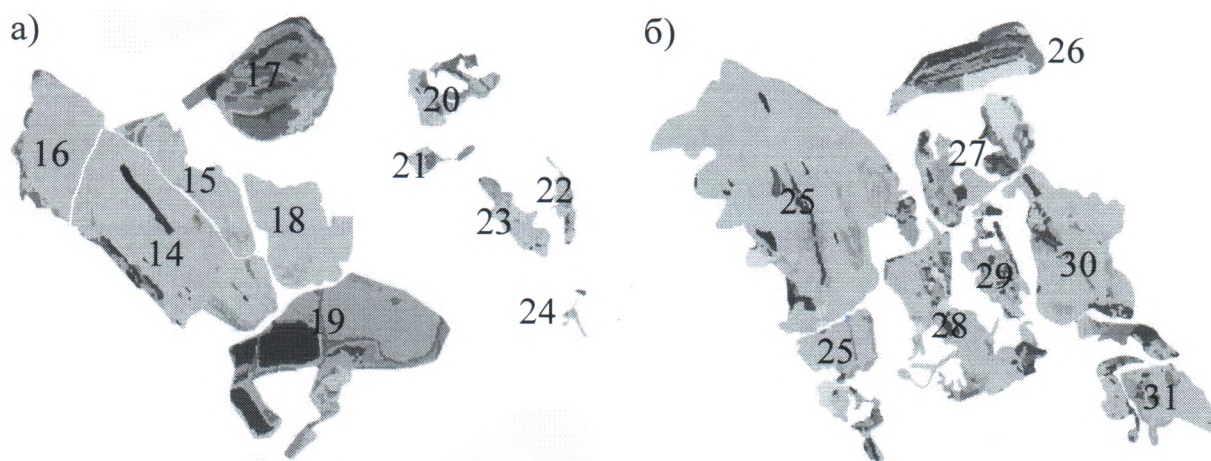


Рис. 2. Фрагмент космоснимка с выделением границ объектов исследования и результатами дешифрирования: а) угольный разрез «Краснобродский Южный», внешние отвалы и малые разрезы; б) угольный разрез «Киселевский», внешние отвалы и добычные участки

Угольный разрез «Краснобродский Южный» был построен в середине 1970-х гг. За период его эксплуатации сформировано две карьерные выемки (14-15) общей протяженностью 6,4 км и глубиной более 250 м. В настоящее время карьерную выемку (15) заполняют вскрышными породами. В основной период работы до 2003 гг. вскрышные породы транспортировали железнодорожным транспортом на внешний отвал (объект 17). В даль-

нейшем вскрышу перемещали в отвалы с использованием автомобильного транспорта (объекты 16-18). В результате добычи угля рядом с карьером находятся три породных отвала и один внутренний, отсыпаемый на месте отработанных угольных пластов. Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта на разрезе «Краснобродский Южный» составляет 2751,9 га. На территории карьера размером 970,6 га участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают общую площадь 96,9 га. Внешние отвалы размещены на площади 1073,9 га. На этой территории лесная рекультивация не проводилась. Смешанный лес в стадии развития и хорошо развитый лес произрастают в виде разрозненных участков на поверхности отвалов общей площадью 91,6 га. Участки с травянисто-кустарниковой растительностью на их поверхности занимают площадь 256 га. Участки со всеми видами растительного покрова, включая экологические показатели пруда-отстойника карьерных вод (500,3 га), занимают площадь 929,2 га на территории нарушенных земель угольным разрезом «Краснобродский Южный». Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы на объектах горнопромышленного ландшафта этого разреза составляет 0,338.

Площадь нарушенных земель малыми разрезами (объекты 20-24), территориально расположенными восточнее разреза, составляет 288,1 га. Участки с травянистой, кустарниковой и травянисто-кустарниковой растительностью на них занимают площадь 74,9 га.

Угольный разрез «Киселевский» был построен в 1953 году. За период его эксплуатации сформировано восемь карьерных выемок (25, 27-31) общей протяженностью 10,2 км и глубиной от 80 до 280 м. До начала 2000-х гг. на разрезе вскрышные породы с верхних уступов вывозили железнодорожным транспортом на внешний отвал (26). В настоящее время добычу угля производят в основной карьерной выемке (25). Значительную часть вскрыши в основной период работы до 2017 гг. транспортировали автосамосвалами на внешние отвалы. На рис. 2 внешние отвалы отличить от горных работ можно только по наличию на них участков с растительным покровом, поскольку горнопромышленный ландшафт, формируется при добыче угля на этом разрезе и его добычных участках таким образом, что многочисленные отработанные карьерные выемки сразу же засыпают вскрышными породами. Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта на разрезе «Киселевский» составляет 3721,7 га.

На территории основной карьерной выемки с приконтурными внешними отвалами размером 1647,1 га участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 147,8 га. На территории внешних отвалов частично проведена лесная рекультивация. Общая площадь участков рекультивации с молодыми и взрослыми деревьями хвойных пород составила 159,8 га. Смешанный лес в стадии развития и хорошо разви-

тый находится на нерабочих бортах карьера, на отвалах и занимает площадь 286,6 (7,7 %) га. В то же время участки с травянисто-кустарниковой растительностью занимают площадь 143,1 га. Участки со всеми видами растительного покрова располагаются на площади 1042,4 га. Коэффициент рекультивации и самовосстановления растительной экосистемы на этом разрезе, его внешних отвалах и добычных участках составляет 0,28.

На рис. 3 (а) представлен фрагмент космоснимка изучаемой территории, на которой находятся угольные разрезы «Краснобродский Вахрушево поле» (32), «Коксовый» (35), «Прокопьевский» (37), входящие в среднюю часть Западного сектора. На рис. 3 (б) представлен фрагмент космоснимка территории, на которой находятся малые угольные разрезы, входящие в южную часть Западного сектора.

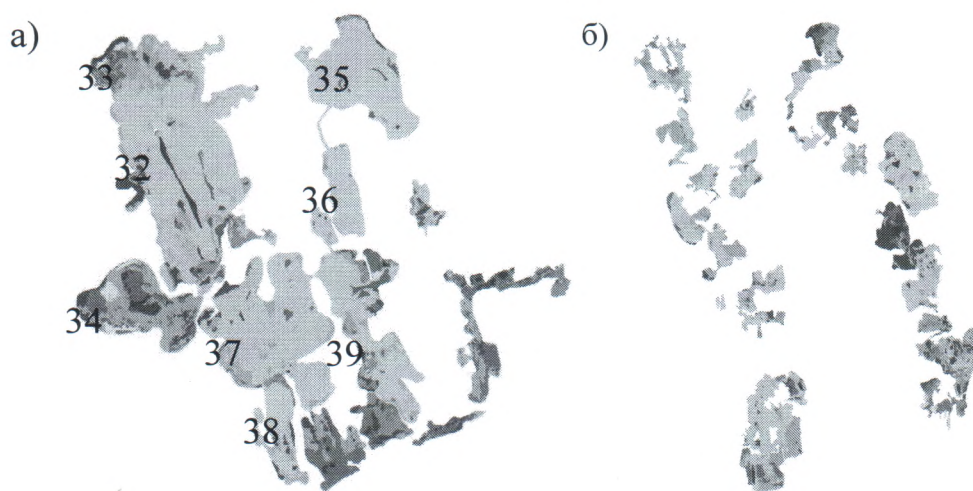


Рис. 3. Фрагмент космоснимка с выделением границ объектов исследования и результатами дешифрирования: а) угольные разрезы «Краснобродский Вахрушево поле», «Коксовый», «Прокопьевский»; б) малые разрезы

Угольный разрез «Краснобродский Вахрушево поле» был построен в середине 1970-х гг. За период его эксплуатации сформировано две самостоятельные карьерные выемки (32) общей протяженностью 5,5 км и глубиной более 200 м. В настоящее время в этих карьерах производят добычу угля на нижних уступах. В период работы вплоть до 2017 г. вскрышные породы транспортировали исключительно автомобильным транспортом на внешние отвалы (объект 33-34). В результате добычи угля рядом с карьером находятся три породных отвала, отсыпанные с севера, запада и востока от горных работ сплошным массивом, имеющим в плане форму подковы. Общая площадь объектов горно-промышленного ландшафта на разрезе «Краснобродский Вахрушево поле» составляет 1811,8 га.

На территории нарушенных земель участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 722,6 га. По нашей оценке на территории горнопромышленного ландшафта этого разреза имеется породный отвал со 100 %-м восстановлением экологического баланса (объект 34). Участки с травянистой и кустарниковой растительностью находятся на площади 196,7 и 30,5 га соответственно. На территории отвала проведена лесная рекультивация с высадкой хвойных пород деревьев на площади 26,3 га. Кроме того, здесь присутствует смешанный лес во всех стадиях его развития на площади 119,9 га. В центральном секторе отвала образован техногенный водоем площадью 9,6 га. Лесная рекультивация также проведена на участке отвала (33) площадью 6,4 га. Коэффициент рекультивации и самовосстановления растительной экосистемы в карьере и на его внешних отвалах составляет 0,399.

Угольный разрез «Коксовый» был построен в начале 2000-х гг. с целью доработки запасов угля, оставшихся от подземной добычи и засыпки впадин рельефа, оседающего на месте выемки угля шахтным способом. За период его эксплуатации сформирована одна карьерная выемка (35) Г-образной формы размером 1,7×2,7 км и глубиной 180 м. В основной период работы до 2016 г. вскрышные породы транспортировали автомобильным транспортом на внешний отвал (объект 36). С 2016 г. разрез перешел на внутреннее отвалообразование. В настоящее время карьерную выемку в южной ее части заполняют вскрышными породами. В результате добычи угля рядом с карьером находятся три породных отвала и один внутренний, отсыпaeмый на месте отработанных угольных пластов. Общая площадь двух объектов горнопромышленного ландшафта (карьер и отвал), образованного при работе разреза «Коксовый» составляет 597,8 га.

На территории нарушенных земель участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 19,8 га. Участки с травянистым и травянисто-кустарниковым покровом расположены на площади 1,2 и 10,8 га соответственно, а участки с кустарниковым и древесным покровом – соответственно на площади 1,5 и 6,3 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы в карьерной выемке и на поверхности внешнего отвала составляет 0,033.

Угольный разрез «Прокопьевский» был построен в 1953 году на базе мелких разрезов, принадлежащих шахтам. За период его эксплуатации сформированы две карьерные выемки (37) общей протяженностью 2,3 км и глубиной до 200 м, разделенные между собой безугольным участком. Вскрышные породы вывозят автомобильным транспортом на внешние отвалы (объект 38-39). Отвал (39) расположен на расстоянии от карьера таким образом, чтобы по мере развития горных работ он не находился в секторе угольных пластов, предназначенных для выемки открытым способом. В результате добычи угля рядом

с карьером находятся четыре породных отвала. Общая площадь объектов горнопромышленного ландшафта, состоящего из двух карьеров и четырех отвалов разреза «Прокопьевский» составляет 1413,1 га.

На территории нарушенных земель участки со всеми видами хорошо развитого растительного покрова занимают площадь 290,2 га. На поверхности породного отвала (объект 39) угольным разрезом проведена лесная рекультивация с высадкой саженцев хвойных пород деревьев на небольшой площади 3,42 га. Смешанный лес в стадии развития и хорошо развитый находится на нерабочих бортах карьера, на отвалах и занимает незначительную площадь 54,1 га. Участки с травянисто-кустарниковой и кустарниковой растительностью занимают площадь 79,6 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы на объектах горнопромышленного ландшафта этого разреза составляет 0,205.

Суммарная площадь нарушенных земель в ходе деятельности малых угольных разрезов южной части Западного сектора составляет 2807,3 га. Участки со всеми видами растительного покрова занимают площадь 1336,9 га. Коэффициент рекультивации и самовосстановления растительной экосистемы на территории нарушенных земель малыми разрезами на исследуемой территории составляет 0,476.

Кроме рассмотренных выше, в этом секторе также имеются нарушенные земли инфраструктурных предприятий, деятельность которых связана с обслуживанием угледобывающей отрасли. Количественные и экологические показатели этих предприятий, не представленные в статье, вошли в общую структуру нарушенных земель и восстановленной экосистемы. Суммарная площадь земель, нарушенных в результате добычи угля открытым способом на территории Западного сектора, составила 23329,6 га. Результаты определения площадей выделенных 12 классов ландшафта представлены в виде диаграммы на рис. 4.

Далее представим краткий анализ структуры нарушенных земель. Значительная их площадь (58,7 %) остается к настоящему времени без растительного покрова. Площадь вскрытых или отработанных угольных пластов незначительная и составляет 1,4 %. Техногенные водоемы занимают 2,0 % площади нарушенных земель. Почти шестую часть всей площади нарушенных земель (15,4 %) занимают участки под травянистым покровом. Коэффициент рекультивации и самовосстановления экосистемы в виде техногенных водоемов и всех видов растительного покрова (без участков с признаками восстановления растительного покрова) на угольных разрезах Западного сектора имеет невысокое значение. На момент оценки его значение составляло 0,343. Вместе с тем, необходимо отметить положительную тенденцию в увеличении общей площади участков породных отвалов, на которых произрастает древесная и кустарниковая растительность любого возраста и всех

степеней плотности произрастания, которая по результатам спутниковой съемки определена на уровне 3 933,3 га (16,7 %).

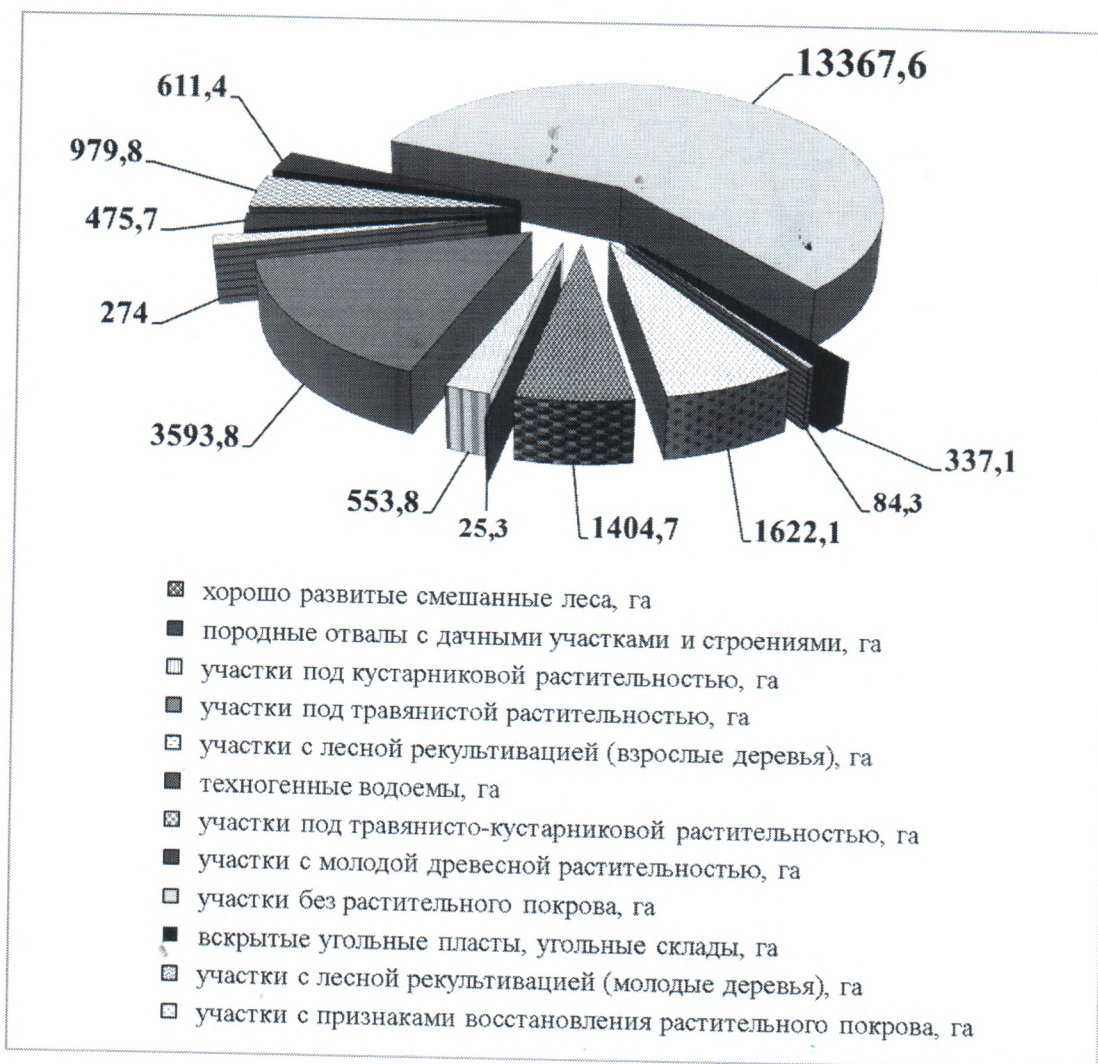


Рис. 4. Структура нарушенных земель под горными работами и экосистемой на объектах горнопромышленных ландшафтов угольных разрезов Западного сектора Кузбасса

На тех угольных разрезах, где поверхности породных отвалов практически на 100 % сложены глубинными породами – песчаниками, алевролитами и т.п., а также отмечены низкие коэффициенты самовосстановления растительной экосистемы, необходим комплекс специальных работ по горнотехнической и биологической рекультивации земель с решением задач формирования рельефа, повышения содержания гумуса в поверхностном слое, а также проведением лесной рекультивации с высадкой саженцев деревьев хвойных пород.

Литература

1. Зеньков И.В. и др. Угольные разрезы России из космоса. Горные работы и экология нарушенных земель // Красноярск. Изд-во СФУ. 2017. 519 с.
2. <http://ecokem.ru/klimaticheskie-usloviya/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 28.10.2017).
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 02.09.2017).
4. http://big-archive.ru/geography/physical_geography_of_the_Soviet_Union/166.php [Электронный ресурс]. (дата обращения 12.06.2017).
5. <https://www.google.com/earth/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 11.07.2017).
6. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 21.05.2017).

Ключевые слова. Кузнецкий угольный бассейн, центрально-промышленные районы Кузбасса, разработка месторождений каменного угля, угольные разрезы, горнопромышленные ландшафты, дистанционное зондирование, растительная экосистема, рекультивация земель.

Аннотация. На территории Кемеровской области в западной ее части более 70 лет производят добычу угля открытым способом. Суммарный объем перерабатываемой горной массы 360 млн. м³. По результатам обработки спутниковых снимков с выделением границ и классов горнопромышленных ландшафтов действующих угольных разрезов определены коэффициенты рекультивации и самовосстановления растительного покрова на отвалах и в карьерах в диапазоне 0,033-0,476. Для угольных разрезов с низкими значениями коэффициентов самовосстановления экосистем рекомендованы мероприятия по улучшению экологической обстановки путем проведения работ по рекультивации нарушенных земель. Установлено, что в условиях лесостепной зоны Кузбасса процессы самовосстановления кустарниковой и лесной растительности характеризуются невысокими темпами их протекания во времени и являются малоэффективными с позиции восстановления экологического баланса.